

科技创新型城市评价模型及其实证研究

程东祥^{1,2,3}, 诸大建⁴, 朱虹¹, 陈静^{2,3}, 郑朝成^{2,3}, 赵方华³

(1. 南京大学 商学院, 江苏 南京 210093;

2. 南京交通职业技术学院, 江苏 南京 211188;

3. 江苏省交通节能减排工程技术研究中心, 江苏 南京 211188;

4. 同济大学 经济与管理学院, 上海 200092)

摘要: 科技创新型城市是科技资源高度聚集于城市空间的一种城市发展形态, 是城市发展科技化和高级化的产物。然而, 目前对科技创新型城市评价分析还缺乏较为有效的理论和方法。文章基于导向性、系统性、重要性、可操作性等基本原则, 构建科技创新型城市评价指标体系; 引入灰关联分析法, 建立基于全排列多边灰关联图示指标法的科技创新型城市评价模型。并应用该模型对南京2009~2013年间科技创新水平进行评价。研究结果表明南京2009~2013年间呈现单调增长态势, 从0.7419增长到0.9653, 增长幅度为30.12%, 科技创新城市发展势头良好, 但仍存在一些问题。针对该问题, 构建三螺旋交互科技创新模式, 以期由政府制定城市发展战略提供决策依据。

关键词: 科技创新; 评价模型; 灰关联分析法; 三螺旋交互模式

中图分类号: F293; F224 **文献标识码:** A **文章编号:** 1671-4407(2016)09-091-04

Evaluation Model of Science and Technology Innovative Cities and Its Empirical Research

CHENG Dongxiang^{1,2,3}, ZHU Dajian⁴, ZHU Hong¹, CHEN Jing^{2,3}, ZHENG Chaocheng^{2,3}, ZHAO Fanghua³

(1. Business School, Nanjing University, Nanjing Jiangsu 210093, China;

2. Nanjing Vocational Institute of Transport Technology, Nanjing Jiangsu 211188, China;

3. Jiangsu Engineering Technology Research Center for Energy Conservation and Emission Reduction of Transportation, Nanjing Jiangsu 211188, China;

4. College of Economics and Management, Tongji University, Shanghai 200092, China)

Abstract: Science and technology innovation city is the result of highly developed urban development where the science and technology resources are highly rich. Currently, there lack of effective methods for the evaluation of science and technology innovation city. In this paper, the evaluation index system for science and technology innovation city is established on basis of feasibility, guidance, systemic and importance principles. Then, the permutations multilateral index evaluation model is put forward and is used to evaluate the science and technology innovation level of Nanjing from the year 2009 to 2013. Results show that the science and technology innovation level has a continue increase all these years, and the comprehensive innovation index increases from 0.7419 to 0.9653 (increases by about 30.12%), which indicates that the science and technology innovation momentum develops well.

Key words: science and technology innovation; evaluation model; gray relevancy analysis; three spiral interaction pattern

1 引言

科技创新型城市是科技资源高度聚集于城市空间的一种城市发展形态, 是城市发展科技化和高级化的产物^[1]。西方国家对科技创新型城市研究起源于应对现代城市发展过程中面临的问题, 如经济产业发展、生态环境, 交通运输等提出的创造性解决方案, 后来转变为研究以科技创新作为驱动力的一种城市发展模式^[2~4]。

通过查阅大量的文献资料, 笔者发现国内外学者对创

新型城市评价进行了大量研究。Charles Landry^[2]提出了城市创新评价的先决条件和城市创新活力评价指标体系。Poter^[5]等人建立了以国家创新能力指数、公共政策指数、创新集群的环境指数和公司创新取向指数为核心的科技创新城市评价指标体系。Richard Florida^[6]提出了以高科技指标、人力资源指标和包容度指标为核心的科技创新能力指数。王秋影等^[7]在分析创新型城市理论内涵的基础上, 通过多种方式比较研究长春市创新能力。孙易祥^[8]从分析

基金项目: 江苏高校哲学社会科学研究基金项目“创新型城市评价体系研究——以江苏大中城市为例”(2014SJB276); 江苏省博士后科研资助计划(1501147B)

作者简介: 程东祥(1977~), 男, 江苏淮安人, 副研究员, 南京大学博士后, 主要从事创新城市、城市节能减排方面的研究。

通讯作者: 朱虹 E-mail: zhuh@nju.edu.cn

城市创新构成因素入手,构建基于主成分分析法的创新型城市评价体系。吴价宝等^[9]基于主成分分析和数量指标综合指数方法,建立了创新定基指数和创新同比指数,并开展实证分析和评价。高广春^[10]从财政支持、金融支持等四个维度构建了创新型城市评价框架,并重点从财政和金融视角进行了实证研究。李高扬等^[11]从分析创新型城市基本概念入手,对创新型城市的创新能力、绩效和建设进程等评价理论进行梳理与探讨。郭凯^[12]基于灰色系统理论和模糊数学理论,建立创新型城市评价模型,并以河南省洛阳市为例开展实证研究。胡晓辉等^[13]从城市科技创新功能的概念和表现方式入手,构建了城市科技创新功能的评价指标体系。

以上绝大部分研究是针对广义的创新型城市开展评价研究,针对特定的科技创新型城市评价研究较少,而作为社会生产力发展源泉和创新的核心理,科技型创新是城市社会生产进步的最直接动力,也越来越成为创新型城市的重要发展模式^[13]。对于科技创新型城市评价来说,评价对象是城市系统,而城市系统的内部要素呈现非线性结构,传统的方法难以准确反映城市系统内部要素的非线性结构。鉴于此,本研究在导向性原则、系统性原则、重要性和可操作性原则的基础上,研究科技创新型城市评价指标体系,并引入灰关联分析法,建立基于全排列多边形灰关联图示指标法的科技创新型城市评价模型,并以南京为例开展实证研究,构建三螺旋交互科技创新模式,以期为政府制定城市发展战略提供决策依据。

2 科技创新型城市评价指标体系

科技创新型城市是一个直观涵义明显却又难以准确定义的概念,国内外学者对此无统一的定义,大多数研究是强调从微观、中观层面研究科技创新要素对城市建设中的核心作用。笔者认为科技创新型城市是指通过科技创新活动,增强城市科技资源集聚度,提升科技创新能力并达到较高水平,使科技创新成为城市发展的核心驱动力的城市。

2.1 评价指标构建原则

(1)导向性原则。社会、经济、生态环境的协调运行是城市发展的关键,评价指标设计中应兼顾对社会、经济和生态环境三个方面对科技创新型城市发展的考虑。

(2)系统性原则。科技创新型城市是复杂系统,由科技创新系统、创新基础系统与 innovation 环境系统构成,在评价指标设计中要兼顾这三个系统的考虑。

(3)重要性原则。评价指标设计时,不能把所有相关指标简单地罗列,而是要能明确反映科技创新型城市发展的影响因素。

(4)可操作性原则。评价指标设计时,应从国家或地

方统计年鉴等资料中选取既易于计算又能很好地反映科技创新型城市发展水平的指标,增强指标体系的可操作性。

2.2 评价指标体系的建立

提高城市科技创新水平是中国城市发展的战略选择,从和谐社会与科学发展观、经济可持续发展的关系出发,分析影响城市科技创新水平的因素,阐明要真正实现人类社会的可持续发展,关键是要构建和谐社会,遵循自然和谐原则、社会公正原则,解决好城市发展中的各种矛盾。提高城市创新水平的目的是发展、持续与协调,这需要城市的科技创新系统、创新基础系统与 innovation 环境系统来支持(图1)。

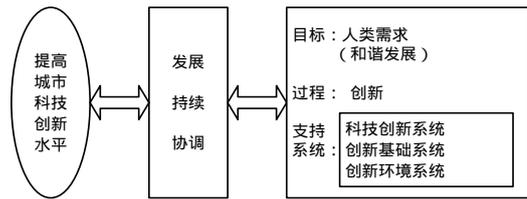


图1 科技创新型城市的目标与支持系统

根据科技创新型城市的支持系统,将科技创新型城市评价指标体系分为三大类,即科技创新、创新基础与 innovation 环境;其中,科技创新包括科技创新主体、科技创新投入和科技创新产出;创新基础包括社会经济基础和支撑服务基础;innovation 环境包括市场环境和金融环境(表1)。

3 科技创新型城市评价模型

目前综合评价方法^[14]主要有技术经济分析方法、多属性决策方法、运筹学方法、统计分析方法、系统工程方法、模糊数学方法等。对于科技创新型城市评价来说,评价对象是城市系统,而城市系统的内部要素呈现非线性结构,传统的方法难以准确反映城市系统内部要素的非线性结构,本研究引入灰关联分析法,在全排列多边形图示指标法^[15]的基础上,建立全排列多边形灰关联图示指标评估法,既有几何直观图示,又有代数解析数值。该方法定义为:以1为半径构成中心n边形,指标得分值的连线构成不规则中心n边形,这个不规则中心n边形形状的顶点是n个指标的一个首尾相接的全排列^[15]。

3.1 单项指标打分

根据灰关联分析法,在式(1)至式(3)指标标准化处理的基础上,按式(4)计算单项指标得分值。

$$d_{it}^0 = \frac{d_{it}}{\sum_{t=1}^l d_{it}}, \quad \beta_i^0 = \frac{\beta_i}{\sum_{t=1}^l \beta_i}, \quad 1 \leq i \leq n \quad (1)$$

$$\Delta_{\min} = \min \left\{ \left| d_{it}^0 - \beta_i^0 \right| \right\} \quad (2)$$

$$\Delta_{\max} = \max \left\{ \left| d_{it}^0 - \beta_i^0 \right| \right\} \quad (3)$$

表1 科技创新型城市评价指标体系

一级指标	二级指标	三级指标
科技创新	科技创新主体	高等教育专业教师总数(人)
		科技活动人员数(人)
		R&D人员数(人)
		高等学校个数(个)
		研究与开发机构个数(个)
		有R&D活动企业所占比重(%)
	科技创新投入	R&D经费总支出(万元)
		新产品开发经费支出(千元)
		技术改造经费支出(千元)
		技术引进经费支出(千元)
		消化吸收经费支出(千元)
		每万人专利申请数(件)
	科技创新产出	每万人专利授权数(件)
		新产品产值(千元)
创新基础	社会经济基础	人均GDP(元)
		第三产业增加值比重(%)
		全市从业人员比重(%)
	支撑服务基础	人均可支配收入(元)
		每万人拥有互联网用户数(户/万人)
		人均拥有道路面积(平方米)
		城市轨道交通运营线路长度(km)
		建成区绿化覆盖率(%)
		污水处理率(%)
		创新环境
年度实际使用外资金额数(万美元)		
金融环境	居民人均储蓄存款余额(元)	

式中： d_{it} 为评价对象第*i*个指标在第*t*时段的原始值， $\{d_{it}\}=\{d_{i1}, d_{i2}, \dots, d_{it}\}$ ， $1 \leq t \leq l$ ； β_i 为第*i*个指标原始值序列 $\{d_{it}\}$ 的阈值； \min 为 d_{it}^0 与 β_i^0 绝对差的最小值， \max 为 d_{it}^0 与 β_i^0 绝对差的最大值。

单项指标得分为：

$$f_{it} = \frac{\Delta_{\min} + \lambda \Delta_{\max}}{|d_{it}^0 - \beta_i^0| + \lambda \Delta_{\max}} \quad (4)$$

式中： f_{it} 为评价对象第*i*个指标在*t*时段的得分值； λ 为分辨系数， $0 < \lambda < 1$ ，通常取0.5。

3.2 总得分的计算

全排列多边形综合指数定义为不规则*n*边形面积与中心*n*边形面积的比值，该计算公式为：

$$F_i = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} (f_{it} \cdot f_{(i+1)t} \cdot \sin(\frac{360^\circ}{n})) + f_{nt} \cdot f_{1t} \cdot \sin(\frac{360^\circ}{n})}{\sin(\frac{2\pi}{n}) \cdot n} \quad (5)$$

4 南京科技创新型城市的评价实证

4.1 数据处理与综合评价

南京科教资源禀赋优势非常突出，依托这些资源，南京市的知识创新和技术创新能力处于国内领先地位，是典型的科技创新型城市。基于此，本研究以南京为例开展科技创新型城市评价实证研究。

以建立的科技创新型城市评价模型，对南京市2009~2013年的科技创新发展水平进行评价(表2)。评价结果如图2至图4所示。(1)图2的二级指标中，仅市

场环境指标表现值2009年略低于0.6，其余二级指标表现值2009~2013年都在0.6~1.0之间，主要是因为市场环境指标中“年度城市进出口总额增长率”为-16.9%，其中出口总额下降了21.8%，进口总额下降了10.1%。此外，2013年科技创新产出指标、社会经济基础指标与金融环境指标均达到1.0，说明此类指标表现最优。作为科技创新型城市，南京模式是在社会经济发展背景下，知识创新主体和技术创新主体有效结合，基于科教资源优势、促进科研成果转化和资源转化的科技成果转化。2013年南京每万人专利授权数有24件，新产品产值达2049.5亿元，规模以上工业企业高新技术产业总产值达5406亿元，这些科技成果得益于社会经济的发展与创新环境的支撑。2013年南京人均GDP为98011元，比2009年增长了77.27%。人均可支配收入为39881元，比2009年增长了56.37%。

(2)图3的科技创新系统评估中，南京市2009~2013年呈现单调增长态势，从0.7124增长到0.9940，增长幅度为39.53%。近年来，南京市积极寻求科技创新型城市发展模式，探索经济增长新动力，发展数字化高端制造业和制造业服务化产业等，逐步实现由“中国制造”向“中国创造”的转变，获得了许多科技创新成果^[16]。创新基础系统评估中，南京市2009~2013年同样呈现单调增长态势，相比科技创新系统评估，创新基础系统评估在研究时段表现为较为平稳地增长，从0.8266增长到0.9907，增长幅度为19.85%。创新环境系统评估中，南京市2009~2013年呈现波动增长态势，从0.6828波动增长到0.8550，增长幅度为25.22%。其中，2010年出现波峰，峰值为0.8770。主要因为该年进出口总额增长率为35.1%，出口额增长率为34.8%。(3)图4的科技创新型城市综合评估中，南京2009~2013年呈现单调增长态势，从0.7419增长到0.9653，增长幅度为30.12%，可见，到2013年为止，南京科技创新发展势头良好。南京创新模式初步成功的经验说明：通过科技创新引领社会经济各领域快速发展，使其成为落实科学发展观的强大动力^[16]。

4.2 城市科技创新的发展模式

上节的评价分析表明，南京科技创新发展势头良好。但图3中显示创新环境系统在2009~2013年有较大幅度的波动，说明南京市科技创新尚有潜力可挖，因此需要通过构建城市科技创新发展模式得以解决。本研究构建三螺旋交互创新模式(图5和图6)，图5和图6分别是城市科技创新三螺旋交互模式立体结构图和剖面图。从图5可以看出，该模式以创新环境和创新基础为载体，以高校—政府—企业为创新主体，成为三种力量交互作用，科技创新水平螺旋上升的三重螺旋^[17]。从图6可以看出，政府、高校、企业相互作用，政府与企业间的科技投资，政府与大

表2 南京科技创新型城市评价指标原始数据

Table with 6 columns: 指标 (Indicator), 2009年, 2010年, 2011年, 2012年, 2013年. Rows include indicators like 高等教育专业教师总数, R&D经费总支出, 每万人专利授权数, etc.

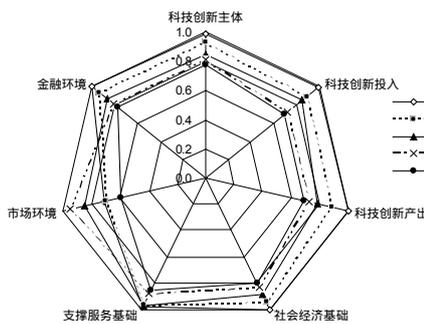


图2 南京市2009~2013年科技创新型城市评价指标表现图

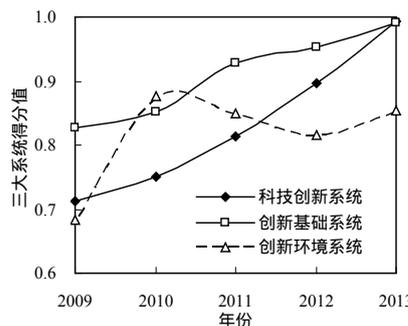


图3 南京市2009~2013年科技创新城市

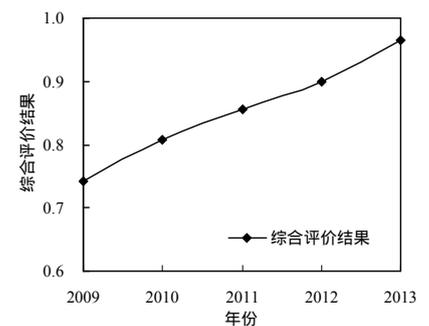


图4 南京市2009~2013年科技创新城市综合评价结果

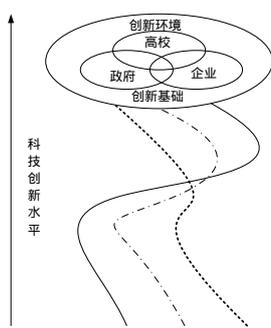


图5 城市科技创新的三螺旋交互模式立体结构图

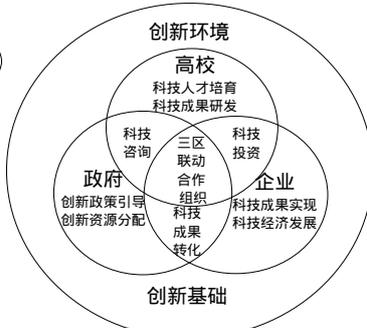


图6 城市科技创新的三螺旋交互模式立体结构剖面图

学的科技咨询, 大学与企业间的科技成果转化和孵化器组织, 甚至三区联动的合作组织如科技园等 [18]。其中, 政府是科技创新宏观管理的主体, 通过良好的创新环境和创新基础, 在创新政策引导下, 进行创新资源分配, 推动科技创新和经济发展; 高校培育科技人才, 为企业科技经济

发展提供知识, 是知识经济的生产力要素; 企业是科技成果的实现者, 加快经济发展, 同时为改善创新环境和创新基础条件提供经济基础和科技基础。

5 结论

(1) 科技创新型城市是科技资源高度聚集于城市空间的一种城市发展形态, 是城市发展科技化和高级化的产物。然而, 目前对科技创新型城市评价分析还缺乏较为有效的理论和方法。(2) 本研究根据科技创新型城市的支持系统, 在导向性、系统性、重要性、可操作性等原则的基础上, 构建科技创新型城市评价指标体系; 并引入灰关联分析法, 建立基于全排列多边灰关联图示指标法的科技创新型城市评价模型。(3) 本研究采用已经建立的评价模型, 对南京2009~2013年科技创新水平进行评价。研究结果表明南京2009~2013年呈现单调增长态势, 从0.7419增长到

(下转105页)

明,福建省在集约利用资源,降低物耗能耗上仍存在较大的提升空间。因此,各设区市应该集约利用产业能源、产业水资源、产业土地资源,降低能耗、自助游消耗、土地资源消耗水平。同时,完善废弃物循环利用机制,打造可持续利用的资源体系,扩展工业废物综合利用,加强可再生资源的回收利用,提高清洁能源使用比重,优化能源消费结构,一是降低一次能源消费比重,二是发展新能源产业。

4.3.2 转变传统制造方式,构筑低碳清洁的工业制造体系

区域产业结构的调整与优化,本质上就是正确地选择区域主导产业,合理确定其发展数量和规模。要实现区域产业经济持续高效的发展,首先需要调整产业结构,大力发展高绿色属性产业,要积极落实健康产业发展战略。二是优化工业布局,建设绿色产业示范区,培育规模化绿色企业,发挥绿色规模效应及领军企业的龙头效应与规模效应,促进市场分工协作,进一步延伸产业链绿色转型,提高区域绿色产业配套能力,促进绿色产业集群集聚成型。三是淘汰落后产能,对工业进行绿色改造,转变工业传统生产方式,促进福建省工业绿色转型,打造生产制造与环保生态之间的良性循环机制,同时淘汰落后产能,推行绿色制造方式,实施清洁生产,加大清洁生产审核力度。

4.3.3 重视污染减排建设,建立科学高效的转型支持体系

工业污染的防治工作建立在对污染源头的首端防控与末端治理的综合。一方面,要坚持预防为主,从源头上进行防控,加强工业污染防治,实施污染限额排放,工业污染防控,减低污染排放,坚决改变先污染后治理、边治理边污染的状况;另一方面,要强化污染治理,对工业生产造成的水污染、大气污染、固体废弃物污染进行彻底整治,减少农业面源污染,推广绿色生态农业,引导农业产业结构向无害化方向调整。同时提升绿色转型创新度,构建产业绿色转型技术服务平台,建立绿色产业技术创新体系,优化绿色技术服务平台,构建绿色技术信息共享机制。加强政府支持引导,形成科学绿色的管理制度体系健全财政支出体系,加大绿色政策推动力度,积极推进人才战略,扩大绿色复合型人才储备。[2]

参考文献:

- [1]陈静,陈宁,诸大建,等.基于灰熵理论的城市绿色转型评价模型研究[J].城市发展研究,2012(1):96~102.
- [2]朱斌,方金城.福建省四大产业技术引进再创新能力评价与影响因素分析[J].中国科技论坛,2013(2):65~71.
- [3]孙久文.区域经济学[M].北京:首都经济贸易大学出版社,2010.

(责任编辑:苏斌)

(上接94页)

0.9653,增长幅度为30.12%,科技创新城市发展势头良好,但仍存在一些问题。针对该问题,构建三螺旋交互科技创新模式,以期政府制定城市发展战略提供决策依据。[2]

参考文献:

- [1]杨冬梅,赵黎明,闫凌州.创新型城市:概念模型与发展模式[J].科学学与科学技术管理,2006(8):97~101.
- [2]Landry C. The creative city: A toolkit for urban innovators (1st edition) [M]. London: Earthscan Publications Ltd., 2000.
- [3]诸大建,易华.创意型城市的要素及其启示[N].文汇报,2006-05-08(10).
- [4]黄亮,杜德斌.创新型城市研究的理论演进与反思[J].地理科学,2014(7):773~779.
- [5]Porter M. Challenge to American's prosperity, findings from innovation index [M]. Washington, D.C.: Council on competitiveness, 1999.
- [6]Florida R. The rise of the creative class: And how it's transforming leisure, community and everyday life [M]. New York: Basic Books, 2002.
- [7]王秋影,吴光莲,庞瑞秋.创新型城市与长春市创新能力评析[J].经济地理,2009(10):1655~1661.
- [8]孙易祥,黄当玲.创新型城市评价指标体系构建及实证研究[J].

特区经济,2012(6):255~258.

- [9]吴价宝,张勤虎.创新型城市动态评价研究[J].工业技术经济,2013(3):113~120.
- [10]高广春.创新型城市支持体系评价研究——四维框架下的财政金融视角[J].城市发展研究,2013(6):94~100.
- [11]李高扬,刘明广.创新型城市的评价研究现状评述[J].工程管理学报,2013(6):51~55.
- [12]郭凯.基于灰色系统理论与模糊数学的洛阳创新型城市评价研究[J].科技管理研究,2014(5):49~53.
- [13]胡晓辉,杜德斌.科技创新城市的功能内涵、评价体系及判定标准[J].经济地理,2011(10):1625~1630.
- [14]陈衍泰,陈国宏,李美娟.综合评价方法分类及研究进展[J].管理科学学报,2004(2):69~79.
- [15]吴琼,王如松,李宏卿,等.生态城市指标体系与评价方法[J].生态学报,2005(8):2090~2095.
- [16]罗志军,洪银兴.基于科教资源优势建设创新型城市的南京模式[M].北京:经济科学出版社,2007.
- [17]王成军.基于TH的大学、产业、政府关系研究[D].杭州:浙江大学,2003.
- [18]诸大建.可持续发展——诸大建学术日记(2012)[M].上海:同济大学出版社,2012.

(责任编辑:张海艳)